

# Mobile Roboterassistenten zur aktiven Unterstützung in intelligenten Wohnumgebungen

Dipl.-Inf. Birgit Graf, Dipl.-Ing. Christoph Schaeffer, Fraunhofer IPA, Stuttgart

## Kurzfassung

Durch die Vernetzung intelligenter Haustechnik und mobiler Roboterassistenten – also von Leitsteuerung und Mobilität oder bildlich gesprochen: zwischen Hirn und Hand bzw. Fuß – erschließen sich eine Vielzahl nutzbringender neuer Anwendungen: Durch die Anbindung des Roboterassistenten an die Haustechnik intelligenter Wohnumgebungen wird eine Ansteuerung mithilfe einheitlicher, intuitiv bedienbarer Benutzeroberflächen ermöglicht. Zudem können im Haus installierte Sensoren oder Kommunikationssysteme durch den Roboterassistenten genutzt und somit dessen eigene Komplexität reduziert werden. Die durch das intelligente Haus bereitgestellten Systemfunktionen und Dienstleistungen können durch die Fähigkeiten des Roboterassistenten als mobile, ausführende Komponente signifikant erweitert werden.

## 1 Mobile Roboterassistenten

### 1.1 Hintergrund

Die Lebensqualität älterer und pflegebedürftiger Personen zu verbessern und zu gewährleisten gehört zu den wesentlichen Aufgaben unserer Gesellschaft. Prognosen für die Bevölkerungsstruktur der Zukunft sagen eine starke Zunahme dieser Personengruppe an der Gesamtbevölkerung voraus: Von den heute 82 Millionen Menschen in Deutschland sind nach Angaben des Statistischen Bundesamtes [1] rund 21 Prozent 60 Jahre und älter. Hält die demografische Entwicklung an, stellen die über 60-jährigen in zehn Jahren schon ein Viertel der Gesamtbevölkerung. Im Jahr 2050, so die Prognose des Statistischen Bundesamtes, wird ein Drittel älter als 60 Jahre, davon 12 Prozent 80 Jahre und älter sein.

Getreu dem Grundsatz „Ambulante Pflege vor stationärer Pflege“ besteht ein grundlegender Bedarf an neuen Pflegekonzepten sowie an unterstützenden technischen Hilfsmitteln, die es den betroffenen Menschen ermöglichen, eigenständig und doch betreut in ihrer heimischen Umgebung wohnen zu können. Damit werden sowohl die ansonsten anfallenden hohen Kosten als auch der personelle Betreuungsaufwand für eine individuelle Pflege in einem Krankenhaus, Alten- oder Pflegeheim vermieden. Begleitend zu neuartigen dezentralen Pflegediensten ist zur Realisierung dieses Ansatzes die Bereitstellung geeigneter, intelligenter Kommunikations-, Unterstützungs-, Handhabungs- und Überwachungshilfen für den privaten Wohnbereich sowie die Einbindung dieser Hilfen in ein intelligentes Haussystem und in alterspezifische Netzwerke notwendig. Nach dem Siegeszug automatisierter Lösungen in der industriellen Fertigung werden aller Erwartung nach intelligente Hilfen in den nächsten Jahrzehnten auch schrittweise in pri-

vate Haushalte eindringen. Viele Faktoren sprechen gerade im häuslichen Bereich Unterstützungs- und Pflegebedürftiger für den Einsatz solcher intelligenter Roboterassistenten:

- Wunsch nach Unabhängigkeit und Selbstständigkeit auch im Alter,
- Gesundheitliche Probleme, Mobilitätseinschränkungen und verringertes Selbstvertrauen im Alter,
- Überwiegend Ein-Personen-Haushalte im Alter,
- Aufwertung des Pflegeberufs durch Konzentration auf z. B. ausschließlich pflegerische, beratende und mobilisierende Tätigkeiten,
- Preisverfall bei elektronischen und mechanischen Komponenten,
- Hohe Leistungsfähigkeit moderner Sensor- und Steuerungstechnik,
- Innovative automatisierte Lösungen, bewährt in Produktion und Dienstleistung, stehen zur Anpassung und Übertragung bereit,
- Freiwerdendes Kapital im Alter (Lebensversicherung, Autoverkauf).

### 1.2 Anforderungen

Als Roboterassistenten werden technische Helfer des Menschen verstanden, charakterisiert durch ihre Fähigkeit zur direkten Interaktion und Kooperation mit dem menschlichen Benutzer in dessen natürlichen Umgebungen. Der Roboter soll der verlängerte Arm des Menschen sein, intelligentes Werkzeug und Partner. Er soll Arbeiten ausführen, die der Mensch alleine nicht ausführen kann oder will. Dies schließt zum Beispiel das gemeinsame Verrichten einfacher Hausarbeiten wie z.B. Hol- und Bringdienste, das Tischdecken oder Reinigungsaufgaben ein. Ein wichtiger Aspekt ist die sinnvolle Aufteilung der Arbeit zwischen Mensch und Maschine und der Verantwortung beim

gemeinsamen Lösen der Aufgabe. Dem Mensch ist möglichst viel Entscheidungsfreiheit bei der Gestaltung seiner Arbeit zu lassen und ihm die Maschine sozusagen als mächtiges Hilfsmittel zur Seite zu stellen. Bei der Entwicklung eines kooperierenden Roboterassistenten sind somit folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

- **Flexibilität:** der Roboterassistent soll flexibel an allen Einsatzorten universell nutzbar sein.
- **Interaktion:** der Roboterassistent soll in der Lage sein, interaktiv mit dem Benutzer zu kommunizieren und dabei die Bedürfnisse und Fähigkeiten des Benutzers berücksichtigen.
- **Funktionalität:** der Roboterassistent soll unter einfachsten Wartungsbedingungen eine hohe Verfügbarkeit sicherstellen.
- **Sicherheit:** der Roboterassistent soll mit intelligenten Sensoren präzise und wiederholbarer Ereignisse detektieren und Unfälle sicher verhüten.
- **Wartbarkeit:** der Roboterassistent soll vom Pflegepersonal gewartet werden können; einfache Fehlerdiagnose; Ferndiagnose; Austauschservice.
- **Wirtschaftlichkeit:** der Roboterassistent soll bei Investitionen und Pflegekosten unter den Kosten bei der Betreuung durch eine Pflegeperson liegen.
- **Erweiterbarkeit:** der Roboterassistent soll einfach um zusätzliche Komponenten bzw. Funktionalitäten erweiterbar sein.

### 1.3 Assistenzfunktionen

Die grundsätzliche Aufgabe eines Roboterassistenten besteht darin, Ältere und Pflegebedürftige bei der Bewältigung des täglichen Lebens zu unterstützen, ihre Selbstständigkeit zu erhalten, ihr Sicherheitsgefühl zu befriedigen und Pflegepersonal zu entlasten. Neben häuslichen Umgebungen sind dabei auch andere Einsatzbereiche für den Roboterassistenten realisierbar wie z.B. Krankenhäuser, Rehakliniken usw.

Wohl dadurch bedingt, dass der Mensch schon lange von einem Helfer träumt, der ihm „heinzelmännchen-gleich“ viele als belastend empfundene Tätigkeiten abnimmt bzw. erleichtert, wurden Roboter-Assistenzsysteme in ihren Konstruktions- und Wirkungsmöglichkeiten schon frühzeitig umfassend beschrieben und diskutiert – lange bevor sie tatsächlich gebaut wurden. So können Roboterforscher heute ziemlich genau die Anforderungen formulieren, die ein Roboterassistent erfüllen muss und daraus die benötigten Assistenzfunktionen ableiten. Einige dieser Funktionen sind nachfolgend dargestellt (Bild 1):

#### Haushaltsaufgaben

- Ausführen einfacher Arbeiten im Haushalt wie Getränke servieren, Tisch decken, Mikrowelle bedienen, einfache Reinigungsaufgaben.
- Holen und Anreichen von Gegenständen, wie Büchern, Fernbedienung, Arznei etc.
- Unterstützung beim Greifen, Heben und Halten von Gegenständen und Geräten.
- Steuerung der häuslichen Infrastruktur, wie Heizung, Klimaanlage, Licht, Fenster, Haustür, Alarmanlage etc.

#### Mobilitätsunterstützung

- Hilfe beim Aufstehen aus dem Bett oder vom Stuhl.
- Intelligente Gehhilfe mit automatischem Kollisionsschutz und Zielführung.

#### Kommunikation und soziale Integration

- Medienmanagement (Bildtelefon, Fernseher, Musikanlagen, interaktive Medien etc.).
- Day-Time-Manager (Tagesablauf, Medikamenteneinnahme etc.).
- Kommunikation mit medizinischen und öffentlichen Einrichtungen (Ärzten, Behörden etc.).
- Überwachung von Vitalfunktionen und Notfallalarmierung.



**Bild 1** Mögliche Funktionen des Roboterassistenten: Transporthilfe, Gehhilfe, Kommunikationsschnittstelle.

## 2 Roboterassistent Care-O-bot®

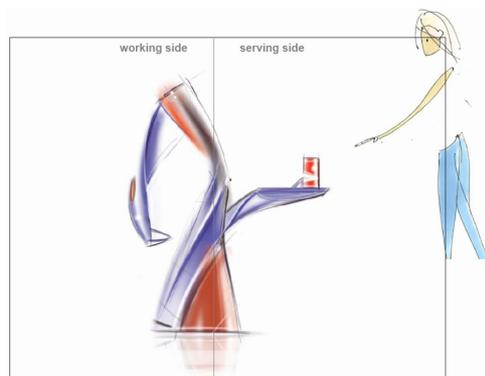
### 2.1 Historie

Care-O-bot® (Bild 2, [www.care-o-bot.de](http://www.care-o-bot.de)) ist ein mobiler Roboterassistent, der am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) entwickelt wurde, um bedürftigen Personen Unterstützung im Haushalt zu geben und somit deren Selbstständigkeit zu bewahren. Der erste Care-O-bot® Prototyp wurde 1998 entwickelt [2]. Durch die Installation dreier auf derselben Plattform basierender Museumsroboter im Museum für Kommunikation Berlin im März 2000 hat Care-O-bot® seine Fähigkeit bewiesen, sich sicher und verlässlich auch in von Menschen frequentierten Umgebungen zu bewegen [3].



**Bild 2** Care-O-bot® Prototypen.

Care-O-bot® II, aufgebaut im Jahr 2002, ist zusätzlich mit einem Manipulator, höhenverstellbaren Gehstützen und einem kippbaren Sensorkopf, der zwei Kameras und einen Laserscanner zur Umgebungserfassung beinhaltet, ausgestattet [4]. Der Manipulator wurde speziell für den Einsatz im Heimbereich entwickelt und ist in der Lage, typische Haushaltsgegenstände zu handhaben. Der am Manipulator angebrachte flexible Greifer kann unterschiedliche Objekte wie Teller, Tassen und Flaschen greifen. Care-O-bot® II wird über einen per Funk angeschlossenen Tablett-PC per Touchscreen und Sprachkommandos angesteuert.



**Bild 3** Care-O-bot® 3 Interaktionskonzept.

Aktuell wird der Nachfolger, Care-O-bot® 3, aufgebaut, der mit einem kommerziellen Handhabungsarm sowie einem weiterentwickelten 3D-Sensorsystem ausgestattet ist, das es erlaubt, Armbewegungen in Echtzeit zu überwachen. Zusätzlich ermöglichen die reduzierte Grundfläche und der omnidirektionale Antrieb eine höhere Flexibilität in der Bewegung. Ein spezieller Schwerpunkt wird zudem auf die Benutzerschnittstelle und ein ansprechendes, produktnahes Design des Roboters gelegt (Bild 3) [5].

### 2.2 Gehhilfefunktion

Die Funktion des Care-O-bot® II als intelligente Gehhilfe wurde in einem mehrtägigen Praxistest im Altenheim evaluiert [6]. Care-O-bot® II stellt zwei grundlegende Operationsmodi für den Betrieb als intelligente Gehhilfe bereit: Im „benutzergesteuerten Modus“ werden über die Gehhilfegriffe eingegebene Geschwindigkeits- und Richtungsvorgaben des Benutzers direkt in Fahrgeschwindigkeiten des Roboters umgesetzt. Im „Zielführungsmodus“ wird über den Touchscreen ein Ziel vorgegeben, zu dem der Roboter dann selbstständig den Weg plant. Die Fahrgeschwindigkeit des Roboters beim Abfahren des errechneten Wegs entspricht auch hier den über die Gehhilfegriffe eingegebenen Geschwindigkeitsvorgaben des Benutzers, wohingegen die Fahrtrichtung durch den geplanten Pfad vorgegeben wird. Werden Personen oder andere Hindernisse auf dem vorgesehenen Weg detektiert, findet eine automatische Anpassung des Pfades um das Hindernis herum statt.



**Bild 4** Care-O-bot® II Gehhilfetests.

Während der Tests wurden mehrere Bewohner des Hauses, die auch im täglichen Leben eine Gehhilfe benutzen, sicher zum vorgegebenen Ziel geführt (Bild 4). Die Praxistauglichkeit der entwickelten Gehhilfestuerung wurde somit bewiesen. Aktuelle Arbeiten beschäftigen sich mit der Umsetzung dieser Steuerung, insbesondere der Sicherheitsfunktionen Kollisionsschutz, Stolperschutz und Wegrollschutz, auf eine neue roboterbasierte Gehhilfe.

## 2.3 Hol- und Bringdienst

Eine weitere Kernaufgabe des Care-O-bot<sup>®</sup> bei der Unterstützung hilfsbedürftiger Personen im Haushalt besteht darin, ausgewählte Gegenstände von einem Ort an den anderen zu transportieren. Die automatische Ausführung von Hol- und Bringdiensten wurde mit dem Care-O-bot<sup>®</sup> II unter anderem im inHaus1 des Fraunhofer IMS realisiert (Bild 5).



**Bild 5** Automatische Durchführung von Hol- und Bringdiensten im inHaus1.

Während der Tests konnte die Fähigkeit des Roboterassistenten zur automatischen Erkennung und zum selbstständigen, kollisionsfreien Greifen und Transportieren verschiedener Haushaltsgegenstände, deren Übernahme vom bzw. Übergabe an den Benutzer sowie zur sicheren Navigation in typischen Wohnumgebungen gezeigt werden.

## 3 Umgebungsanbindung

Neben der Funktion als Gehhilfe sowie der automatischen Durchführung von Hol- und Bringdiensten kann ein mobiler Roboterassistent auch weitere Aufgaben ausführen: Die Haustechnik steuern, vergessene Herdplatten ausschalten, Besucher hereinlassen, als Kommunikationsschnittstelle zu Familie und Freunden, aber auch zu medizinischen und öffentlichen Einrichtungen dienen, die Vitalfunktionen überwachen und im Falle eines Falles einen Notruf absetzen oder einfach nur an die Einnahme von Medikamenten oder den Geburtstag der Tochter erinnern.

Eine intelligente Umgebung macht einige dieser Funktionen überhaupt erst möglich und vereinfacht viele. Im inHaus1 wird zum Beispiel von einem smarten Haussystem der aktuelle Bestand an Lebensmitteln in den Schränken überwacht. Diese Informationen können über Funk an den Roboter weitergeleitet werden. Damit weiß der Roboter, welche Medikamente, Getränke oder Speisen derzeit vorrätig sind und wo sie gelagert werden (Bild 6). Die direkte Kommunikation des mobilen Roboters mit dem smarten Haussys-

tem ermöglicht dabei nicht nur die Auflistung der vorhandenen Vorräte, vielmehr kann bei Bedarf auch das gewünschte Getränk vom Roboter direkt zum Benutzer gebracht werden.



**Bild 6** Übertragung des Getränkebestands vom smarten Haussystem an den Roboterassistenten.

## 4 Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt Deutschland: *11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung* (2006), <https://www.destatis.de> (1.2.2007).
- [2] Schraft, R.D.; Neugebauer, J.; Schaeffer, C.; May, T.: *Care-O-bot<sup>®</sup>: Ein technisches Hilfssystem für unterstützungs- und pflegebedürftige Personen im häuslichen Bereich*. In: Wörn, H.; Dillmann, R.; Henrich, D.: *Autonome Mobile Systeme*. 14. Fachgespräch, Karlsruhe. Springer, Berlin, Heidelberg 1998, S. 234-244.
- [3] Graf, B.; Baum, W.; Traub, A.; Schraft, R.D.: *Konzeption dreier Roboter zur Unterhaltung der Besucher eines Museums*. VDI-Berichte 1552, 2000; S. 529-536.
- [4] Graf, Birgit; Hans, Matthias; Schraft, Rolf Dieter: *Care-O-bot II – Development of a Next Generation Robotic Home Assistant*. In: *Autonomous Robots* 16 (2004), Nr. 2, S. 193-205.
- [5] Parlitz, Christopher; Baum, Winfried; Reiser, Ulrich; Hägele, Martin: *Intuitive Human-Machine-Interaction and Implementation on an Household Robot Companion*. In: *Human-Computer Interaction – HCI International 2007: Interaction Design and Usability*. 12th International Conference, Beijing, China, July 22-27, 2007. Proceedings, Part I. Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 922-929.
- [6] Graf, Birgit; Schraft, Rolf Dieter: *Behavior-based Path Modification for Shared Control of Robotic Walking Aids*. In: Driessen, Bart u.a.: *Robots care*. ICORR '07: 10th International Conference on Rehabilitation Robotics, June 12 - June 15, 2007, Noordwijk, Netherlands. Piscataway, NJ: IEEE Operations Center, 2007, S. 317-322.